



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité

IRSN

INSTITUT DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Fontenay-aux-roses, le 2 février 2024

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2024-00016

Objet : Institut Laue-Langevin
INB n° 67 - Réacteur à haut flux
Modification du système de protection du cœur vis-à-vis du refroidissement

Réf. : Lettre ASN CODEP-LYO-2023-002698 du 1^{er} mars 2023.

Par lettre citée en référence, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) sollicite l'avis de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur le dossier de modification du système de protection du cœur vis-à-vis du refroidissement de l'installation nucléaire de base (INB) n° 67, dénommée « réacteur à haut flux » (RHF) et exploitée par l'Institut Laue-Langevin (ILL). La modification vise à :

- mettre en conformité ce système de protection au regard des exigences associées à son classement de sûreté ;
- ajouter une nouvelle fonction d'arrêt des pompes du circuit primaire principal (PP) et du circuit de refroidissement arrêt barre (CRAB) en cas de brèche de taille importante sur la partie inférieure de la cheminée du bloc-pile du réacteur, afin d'assurer le passage en régime de refroidissement du cœur en circulation naturelle.

La modification s'inscrit dans le cadre des suites du troisième réexamen périodique dont l'exploitant a présenté les conclusions en 2017.

1. PRÉSENTATION DU SYSTÈME ACTUEL DE PROTECTION DU CŒUR VIS-À-VIS DU REFROIDISSEMENT

1.1. PRINCIPES DE REFROIDISSEMENT DU RÉACTEUR

Le RHF est principalement destiné à la production de faisceaux de neutrons utilisés pour des programmes de recherche scientifique. Ce réacteur d'une puissance thermique nominale de 58,3 MW fonctionne avec un unique élément combustible (EC), constituant le cœur du réacteur, placé dans un bloc-pile rempli d'eau lourde, lui-même situé dans une piscine en eau légère. L'EC est constitué de plaques d'uranium enrichi en ²³⁵U disposées entre deux viroles concentriques. Le contrôle de la réactivité du cœur est assuré par une barre de pilotage (BP)

MEMBRE DE
ETSON

qui s'insère dans la cavité centrale de l'EC (dans la virole intérieure). L'arrêt d'urgence (AU) du réacteur est assuré par la chute, autour du cœur, de cinq barres de sécurité (BS).

Un circuit primaire en eau lourde légèrement pressurisée assure le refroidissement du cœur et de la BP. Lorsque le réacteur est en fonctionnement, l'eau lourde entre en circulation forcée dans le bloc-pile *via* sa partie haute, appelée cheminée. Elle est ensuite acheminée jusqu'au niveau du cœur, puis se répartit dans l'espace entre les plaques de l'EC et dans la cavité centrale, entraînée respectivement par les pompes PP (au nombre de deux) et les pompes CRAB (au nombre de trois). Après l'arrêt du réacteur, à l'issue d'une durée d'une heure pendant laquelle ce régime de refroidissement est maintenu, les pompes PP sont arrêtées, ce qui entraîne l'ouverture du clapet de refroidissement arrêté qui met en communication le circuit PP et le circuit CRAB. La circulation de l'eau lourde entre les plaques de l'EC et dans la cavité centrale est alors assurée par les seules pompes CRAB. Après une durée de 24 heures, les pompes CRAB sont arrêtées et, grâce à l'ouverture de clapets casse-siphon (CCS) et de clapets de convection naturelle (CCN), une circulation naturelle se met en place dans le bloc-pile, dans le sens opposé à celui de la circulation forcée. Un schéma des principes de refroidissement du cœur est présenté en annexe 1 au présent avis.

1.2. SYSTÈME ACTUEL DE PROTECTION DU CŒUR VIS-À-VIS DU REFROIDISSEMENT

En cas de dégradation des conditions de refroidissement du cœur, par exemple suite à l'occurrence d'une brèche primaire, le système de protection du cœur provoque dans un premier temps l'arrêt des pompes PP, le refroidissement du cœur étant alors assuré en circulation forcée par les pompes CRAB. Dans un deuxième temps, si les conditions de refroidissement continuent à se dégrader, ce système provoque l'arrêt des pompes CRAB, le cœur étant ensuite refroidi en circulation naturelle.

Le refroidissement en circulation forcée par les pompes CRAB suite à l'arrêt des pompes PP nécessitant la mise en communication des circuits PP et CRAB *via* l'ouverture du « clapet de refroidissement arrêté », le système de protection du cœur provoque en outre l'arrêt des pompes CRAB en cas de dysfonctionnement du clapet.

Le système de protection du cœur vis-à-vis du refroidissement est classé « élément important pour la protection en lien avec la sûreté » (EIP-S) de rang 1.

2. MODIFICATION DU SYSTÈME DE PROTECTION DU CŒUR VIS-À-VIS DU REFROIDISSEMENT

Le système de protection du cœur vis-à-vis du refroidissement est, compte tenu de son classement EIP-S de rang 1, soumis aux exigences de la classe 1 de la norme CEI 61226 relative au classement de sûreté des équipements de contrôle-commande. Or, l'exploitant a identifié que ce système de protection n'était pas conforme au critère de défaillance unique¹ (CDU), une des exigences liées à son classement, et s'est engagé à traiter cet écart à l'issue du troisième réexamen périodique du RHF. Ainsi, l'exploitant prévoit d'installer deux nouvelles chaînes de commande. Ces nouvelles chaînes, identiques à celle existante qui sera déclassée, seront séparées physiquement et électriquement indépendantes. Les déclencheurs et les relais associés à ces chaînes seront configurés en sécurité positive (action par manque de tension). **Ceci est satisfaisant.**

¹ Un système est conçu selon le critère de défaillance unique s'il est capable de remplir sa fonction en dépit d'une défaillance unique affectant l'un de ses équipements, celle-ci étant indépendante de l'événement pour lequel le système intervient.

Par ailleurs, l'exploitant s'est engagé à ajouter au système de protection du cœur une nouvelle fonction d'arrêt des pompes CRAB et PP en cas de brèche de taille importante sur la partie inférieure de la cheminée du bloc-pile du réacteur, pour garantir le passage en régime de refroidissement du cœur par circulation naturelle. Afin d'implémenter cette nouvelle fonction et que l'exigence liée à la prise en compte du CDU soit satisfaite, un relai de déclenchement sera ajouté à chacune des deux chaînes de commande du système de protection du cœur nouvellement installées. Les deux relais seront ainsi séparés physiquement et seront du même modèle que ceux équipant déjà ce système de protection, **ce qui est satisfaisant**.

S'agissant des pompes CRAB, les fonctions d'arrêt émises depuis le système de protection du cœur sont redondées matériellement du capteur à l'actionneur. En particulier, les contacteurs situés en amont des pompes CRAB sont doublés, installés en série, chacun d'entre eux étant piloté par la sortie d'une des deux chaînes de commande nouvellement installées. **Ceci est satisfaisant**.

A contrario, l'exploitant ne prévoit pas de doubler les disjoncteurs situés en amont des pompes PP puisqu'il considère que, en cas de brèche primaire, l'arrêt d'une seule pompe PP (en postulant la défaillance du disjoncteur de l'autre pompe PP) et des pompes CRAB suffit à entraîner l'ouverture du CCS du circuit PP, assurant alors le non-dénoyage du cœur et son refroidissement par l'ouverture des CCN.

Toutefois, l'exploitant n'a pas apporté la démonstration que, pour l'ensemble des brèches postulées, le refroidissement du cœur et la maîtrise de la réactivité du cœur sont assurés en considérant une pompe PP en fonctionnement. Selon l'IRSN, une telle démonstration serait en outre difficile à apporter, nécessitant notamment des études de sensibilité à la localisation et à la taille de la brèche considérée.

L'exploitant a alors complété son argumentaire en mettant en avant le fait que les disjoncteurs des pompes PP, à sécurité positive, ont une fiabilité suffisante pour pouvoir exclure leur défaillance dans la démonstration de sûreté. Pour l'IRSN, **les disjoncteurs constitués de composants notamment mécaniques sont des éléments actifs pour lesquels une défaillance ne peut pas être exclue** et le retour d'expérience sur le parc électronucléaire français montre qu'il existe des situations dans lesquelles des disjoncteurs ne se sont pas ouverts, malgré l'ordre qui leur avait été transmis.

Dans ce contexte, l'IRSN considère que les fonctions provoquant l'arrêt des pompes PP doivent être redondées matériellement, et ce du capteur à l'actionneur. Ceci conduit l'IRSN à formuler la recommandation présentée en annexe 2 au présent avis.

Enfin, le système de protection du cœur vis-à-vis du refroidissement sera requalifié après la réalisation des travaux de mise en conformité et d'intégration de la nouvelle fonction. **Les requalifications effectuées et les essais périodiques prévus n'appellent pas de remarque de la part de l'IRSN.**

3. CONCLUSION

À l'issue de son analyse, portant notamment sur l'absence de régression de la sûreté pour le RHF, l'IRSN considère que la modification proposée par l'exploitant, qui vise à mettre en conformité le système de protection du cœur vis-à-vis du refroidissement au regard des exigences associées à son classement de sûreté d'EIP-S de rang 1, notamment du CDU, et à y ajouter une nouvelle fonction d'arrêt des pompes PP et CRAB en cas de brèche de taille importante sur la partie inférieure de la cheminée du bloc-pile du réacteur, constitue une amélioration de la sûreté du réacteur.

Néanmoins, la conception de la modification ne permet pas de respecter complètement le CDU, les disjoncteurs des pompes PP n'étant pas redondés et ce sans justification probante. À ce titre, l'IRSN considère que l'exploitant doit prendre en compte la recommandation formulée dans le présent avis.

IRSN

Le Directeur général

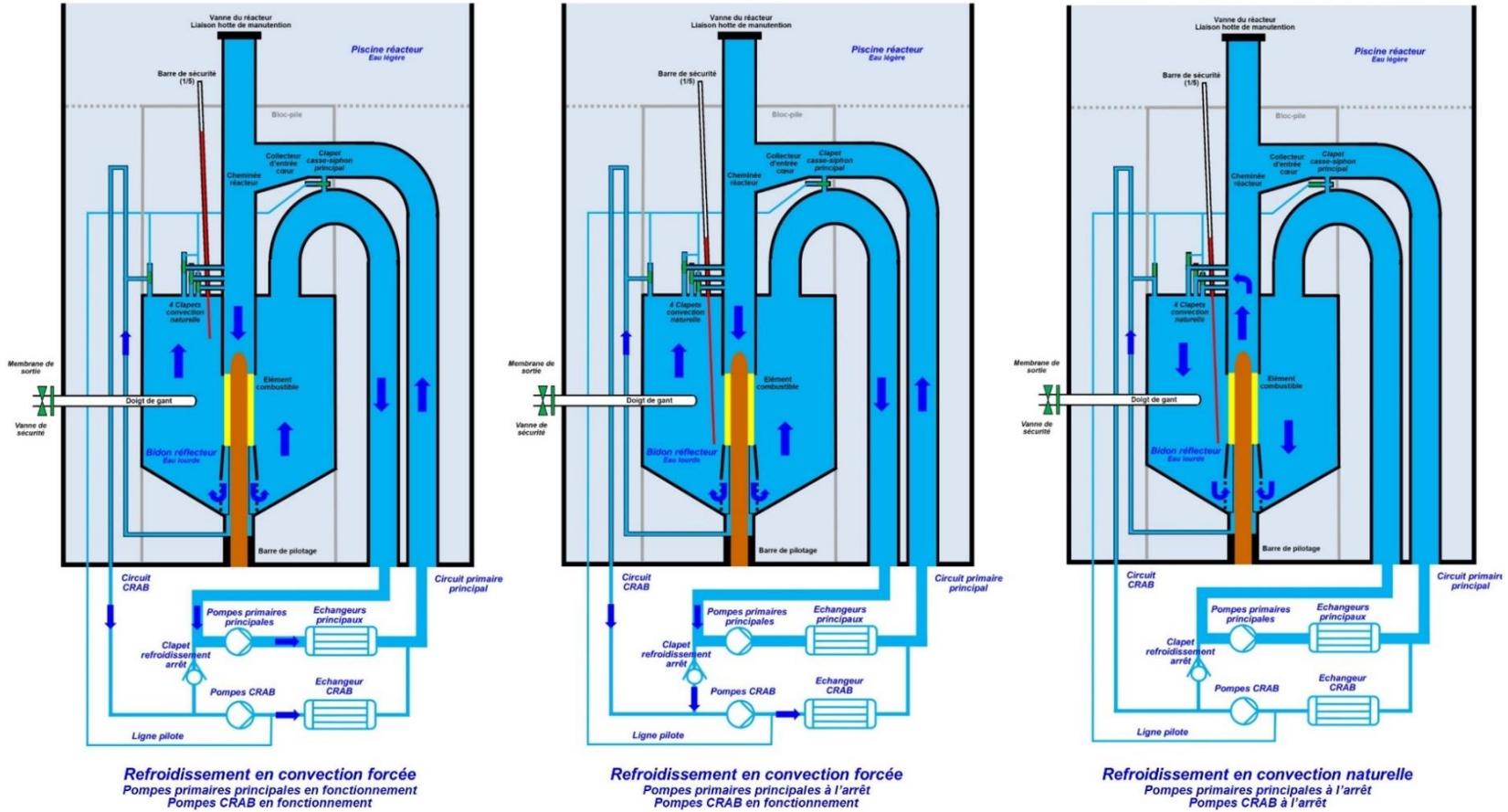
Par délégation

Frédérique PICHEREAU

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

ANNEXE 1 À L'AVIS IRSN N° 2024-00016 DU 2 FÉVRIER 2024

Schéma des principes de refroidissement du RHF



ANNEXE 2 À L'AVIS IRSN N° 2024-00016 DU 2 FÉVRIER 2024

Recommandation de l'IRSN

L'IRSN recommande que l'ILL assure une redondance matérielle complète des fonctions d'arrêt des pompes primaires principales assurées par le système de protection du cœur vis-à-vis du refroidissement de l'INB n° 67.